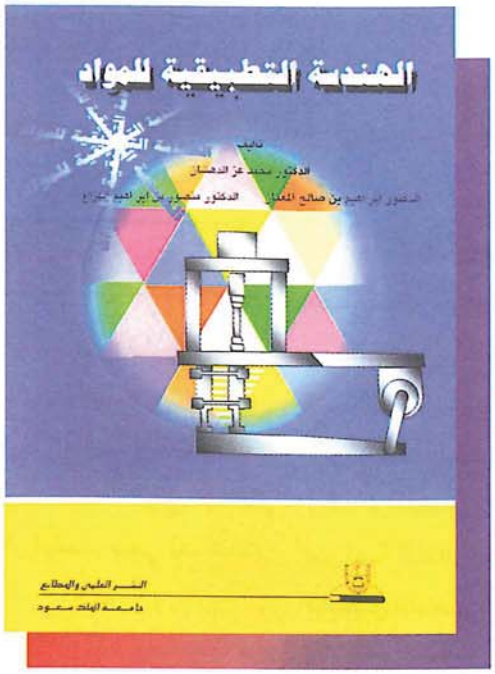

الهندسة التطبيقية للمواد

عرض د. محمد حسين سعد

صدرت الطبعة الأولى من كتاب " الهندسة التطبيقية للمواد" عام ١٤١٨هـ / ١٩٩٨م عن النشر العلمي والمطابع بجامعة الملك سعود، وقام بتأليفه كل من الدكتور محمد عز الدهشان، والدكتور إبراهيم بن صالح المعتاز، والدكتور منصور بن إبراهيم الهزاع، قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود بالرياض.

جاء الكتاب في إحدى وثمانين وثلاثمائة صفحة من القطع المتوسط مقسمة إلى أربعة فصول، وملحقين، وقائمة بالمراجع الأجنبية، وثبت للمصطلحات، وكشاف للموضوعات.

إستهل المؤلفون الكتاب بمقدمة أشاروا فيها إلى أن المواد تعد إحدى الدعامات أو ربما الدعامة الأساس للنهضة العمرانية والصناعية، ليس في الوطن العربي فحسب، بل في العالم أجمع، ومن هذا المنطلق تعد علوم هندسة المواد البنية الأساسية للتقدم العلمي والتقني الراهن.

جاء **الفصل الأول** بعنوان «إختبار المواد» حيث أوضح المؤلفون في مقدمته الفرق بين اختبار المادة وفحصها، فاختبار المادة يشير غالباً إلى العمليات المختلفة التي تُجرى على مادة ما بهدف جمع بيانات ومعلومات عن خواصها هذه المادة، بينما يُقصد بفحص المادة الكشف عن العيوب أو الخلل الموجود فيها، والتأكد من سلامة المنتج، والحصول على بيانات عن خواص المادة مثل الخواص الميكانيكية، والكيميائية، والكهربائية، والمغناطيسية، والحرارية، والضوئية، وينقسم الفحص والإختبارات إلى نوعين هما إختبارات متلفة وأُخرى غير متلفة.

ثم أشار المؤلفون إلى أن الهدف من طرق إختبار المواد هو الحصول على معلومات عن الخواص الميكانيكية للمواد المختبرة، حيث أن هذه الخاصية تعد العامل الأول والأساس الذي يؤخذ في الإعتبار عند اختبار مادة مناسبة لتطبيق هندسي معين. وعرَّف المؤلفون الخواص الميكانيكية للمادة بأنها رد فعل هذه المادة عند تعرضها أو تعريضها لقوى أو أحمال خارجية.

تطرق المؤلفون بعد ذلك للحديث عن العديد من الخواص الميكانيكية الهامة من حيث تعريفها، وكيفية التعبير عنها، والعلاقة بينهما، وتضم هذه الخواص الإجهاد، والإنفعال، والإنفعال المرن، والانفعال اللدن، ونقطة الخضوع، وإجهاد الصمود، ومقاومة الشد وأنواعها، والإجهاد الحقيقي، والانفعال الحقيقي، والأشكال المختلفة لمنحنيات الإجهاد ـ الانفعال، والمطيلية (Elongation)، والانضغاط والصلابة، والصلادة، والزحف، وإنهيار الكلال.

تناول المؤلفون بعد ذلك الإختبارات الميكانيكية موضحين أنها تساعد في معرفة مدى ملاءمة هذه المواد للأغراض المصنعة من أجلها، وتقدير خواصها، وبالتالي التعرف على مدى مطابقتها للمواصفات المطلوبة للتصميم سواءً خلال مرحلة الإنتاج أو كمنتج نهائي، ومراجعة مدى مطابقة المواد المستوردة للمواصفات التي وضعت من قبَل المستورد أو المصمم، كما أوضح المؤلفون أهم أنواع الاختبارات التي تجرى على المواد، وصنفوها إلى ستة أنواع هي اختبارات وتيرية، وإستكشافية، ومتلفة، وغير متلفة، والإثبات والتفتيش (التحري).

إختتم المؤلفون الفصل الأول بالحديث عن الإختبارات الميكانيكية المعملية، وأفردوا لها أكثر من ٧٥ صفحة تمثل حوالى ٧٣٪ من عدد صفحات هذا الفصل. وقسموها إلى سبعة أنواع من الاختبارات هي: الشد، والانضغاط، والصلادة، والصدمات، والانحناء، والكلال، والزحف. وقد تناول المؤلفون تلك الاختبارات من حيث تعريفها وأنواعها والهدف من إجرائها، والمعلومات التي يتم الحصول عليها من خلالها، والأجهزة والطرق المستخدمة في قياسها، ونوعية المواد المستخدمة، ومميزات كل إختبار، ومدى الإستفاده منه.

استهل المؤلفون **الفصل الثاني** «فحص المواد» بمقدمة أشاروا فيها إلى أن الهدف من فحص المادة في مراحلها المختلفة ـ الإنتاج، والتصنيع، والتشكيل، والتشغيل، و الصيانة ـ هو التأكد من سلامتها، وخلوها من العيوب، ومطابقاتها للمواصفات، والتعرف عليها وعلى تركيبها، وما قد يكون فيها أو يطرأ عليها من عيوب.

أشار المؤلفون إلى أن مراحل الفحص تبدأ بالتأكد من الأبعاد الخارجية للمادة، ثم تُجرى الإختبارات الأساسية الأخرى التي تشتمل على فحص السطوح، والتركيب، والتكوين الداخلي، وشكل السطح الخارجي للمادة، والتعرف على المادة وعلى أي عيوب فيها.

وذكر المؤلفون أن الفحوص المذكورة أعلاه تتم من خلال إجراء عدة إختبارات تتم بواسطة المجهر الضوئي، والأشعة السينية، والميكروسكوب (المجهر) الإلكتروني، إضافة إلى طرق الفحص غير المتلفة.

تطرق المؤلفون لفحص المواد بالفحص

الضوئي موضحين أنه يمكن من خلاله تحديد حجم الحبيبات وشكلها ، وإتجاهاتها ، وكيفية توزيعها ، والكشف عن طور المادة الفلزية أو الأطوار المختلفة المكونة لسبيكة معينة ، فضلاً عن أنه يمكن من خلاله التعرف على إحتواء المادة على أي شوائب أو متضمنات أخرى ، وكذلك التعرف على نوع المعالجة الحرارية التي مرت بها المادة ، ونوع مادة الإنهيار سواءً كان ناتجاً عن عيوب في المادة نفسها أو في ظروف العمل أو الجو المحيط بها .

ناقش المؤلفون نوعي الفحص الضوئي - الماكروسكوبي (Macroscopic) والميكروسكوبي (Microscopic) - من حيث مميزات كل منهما ، والغرض من إستخدامهما ، وكيفية عمل كل منهما ، ثم تطرقوا إلى عدة موضوعات هامة من خلال الحديث عن الفحص الميكروسكوبي منها تحضير العينات ، والميكروسكوب الضوئي ، والفحص الميكروسكوبي بالضوء المستقطب ، وقياس الحجم الحبيبي ، والتصوير المجهري .

إنتقل المؤلفون للحديث عن كيفية فحص المواد بواسطة الأشعة السينية موضحين أن تلك الأشعة تم إكتشافها عام ١٨٩٥م على يد العالم الألماني رونتجين ، ثم تناولوا عدة موضوعات هامة تتعلق بتلك الأشعة من حيث استخداماتها ، وكيفية توليدها ، وحيودها ، وإتجاه حيودها ، وطرق قياس إنعكاساتها ، وكيفية تحضير وتجهيز عينات المواد لفحصها بالأشعة السينية ، والإحتياطات الأمنية في العمل عند التعامل مع تلك الأشعة .

تلى ذلك تطرق المؤلفون إلى الميكروسكوب الإلكتروني من حيث تركيبه ، وطرق عمله ، وقوة تكبيره (٥٠٠,٠٠٠ مرة) ، والإختلافات الأساس بينه وبين الميكروسكوب الضوئي ، ثم ناقش المؤلفون أنواع الميكروسكوبات الإلكترونية الثلاثة من حيث الإستخدام وطريقة العمل .

إختتم المؤلفون الفصل الثاني بالحديث عن الإختبارات غير المتلفة موضحين أنها الإختبارات التي تجرى على المواد دون أن يحدث فيها أي تأثير ضار ، ولاتُغير في أبعادها أو مواصفاتها أو تركيبها . ثم تطرق المؤلفون بعد ذلك إلى الهدف من هذه الإختبارات ، ومميزاتها ، وأنواعها التي تشتمل على الإختبارات فوق السمعية ، والتصوير بالأشعة الرادورسكوبية ، وصور الأشعة السينية ، والتصوير بأشعة جاما ، والتصوير بالنيوترونات ، والإختبار بالتيارات الدوامية ، والإختبارات المغناطيسية ، وإختبار تخلل الصبغات.

بدأ المؤلفون **الفصل الثالث** «إختبار المواد» بمقدمة أشاروا فيها أنه على الرغم من توافر البيانات وكثرة المصادر عن المادة أو المواد إلا أن عملية الاختبار ليست أمراً سهلاً أويسيراً وذلك لتداخل العديد من الخواص عند الاختبار ، وكذلك لاختلاف ظروف التشغيل التي تحتاج إلى النظر في العديد من المواصفات المختلفة ، وأضافوا أنه يصعب إختبار مادة ما لغرض معين بناءً على خاصية واحدة فقط ، أو تبعاً لمطلب واحد في المواصفات ، حيث تتداخل العوامل المختلفة من مقاومة ميكانيكية ، ومقاومة تآكل وخواص حرارية ، وكهربائية وغيرها .

أشار المؤلفون إلى أن هذا الفصل يحمل بين طياته الاعتبارات المختلفة التي يجب النظر إليها وأخذها في الحسبان عند إتخاذ القرار في إختبار المادة لتطبيق معين ، وأن الخطأ في اتخاذ القرار الصحيح عند اختبار المادة المناسبة يمكن أن يسبب الكثير من المشكلات كما حدث في المفاعل النووي السوفيتي تشيرنوبل ، وإنفجاره نتيجة القرار الخاطئ في إختيار المادة المغلفة للوقود في المفاعل .

انتقل المؤلفون بعد ذلك للحديث عن أسلوب اختيار المادة المناسبة موضحين أن هناك العديد من الطرق المختلفة التي تستخدم في اختيارها ، وذلك من خلال عدة خطوات هي تحليل المشكلة إلى عناصرها الأولية ، وتقديم الحلول المختلفة المقترحة ، واتخاذ القرار على ضوء ذلك .

تلى ذلك تطرق المؤلفون إلى العوامل التي تتحكم في اختيار المادة المناسبة للجهاز أو المنشأة ، وأوجزوها في ستة عوامل هي ظروف العمل ، وقابلية التشكيل والتصنيع ، وتوافر المادة ، والتصميم ، وخواص معينة(مثل الكثافة ونقطة الإنصهار ، ومعامل التمدد الحراري ... وغيرها) ، والتكلفة (العوامل الاقتصادية) .

إختتم المؤلفون الفصل الثالث بتقديم أربع حالات - لكيفية إختيار المادة المناسبة لتطبيقات مختلفة - هي إختيار مادة الجسم الخارجي للتلفزيون ، وإختيار مادة عازلة ، وإختيار مادة للموصلات الكهربائية ، واختيار قضيب ربط .

بدأ **الفصل الرابع** «إخفاق المواد وفشلها» بمقدمة أشار فيها المؤلفون إلى أن إخفاق المادة أو فشل جزء منها يعني أن هذه المادة أو هذا الجزء لايقوم بعمله الذي استخدم من أجله بالكفاءة المطلوبه منه ، وينتج هذا الاخفاق إما عن الكسر أو التشوه الزائد في شكل هذا الجزء وأبعاده ، أو تدني كفاءته المصاحبة للتغير في الخواص المختلفة للمادة المرتبطة بالتغيرات الداخلية في بنيتها. وقد دلل المؤلفون على مدى الأخطار والأضرار المصاحبة لفشل المواد من خلال حادثتي عام ١٩٨٦م وهما إنفجارالصاروخ تشالنجر الحامل لمركبة الفضاء الأمريكية ، وإنفجار المفاعل النووي في تشيرنوبل بمقاطعة كييف بالاتحاد السوفيتي السابق .

تطرق المؤلفون بعد ذلك لأسباب فشل المواد موضحين أن فشل المادة وإنهيارها يرجع إلى أربعة أسباب رئيسية هي : خطأ في التصميم ، والاختيار الخاطئ للمادة ، والخطأ الناتج عن عمليات التشكيل والتصنيع ، وتدني كفاءة المادة خلال فترة الاستخدام والعمل .

إنتقل المؤلفون بعد ذلك إلى الحديث عن آلية الفشل وأشارو أن تحديدها يتطلب التعرف على الملامح الأساسية المصاحبة للفشل سواء بالفحص الماكروسكوبي أو الميكروسكوبي ، وحددوا عشر آليات لفشل المواد ، وأنه في أحيان كثيرة يمكن أن يكون هناك أكثر من آلية في نفس الوقت ، أو أن يبدأ الفشل بآلية محددة ثم تتغير هذه الآلية إلى نوع آخر ، وعلى هذا فإن الفشل هو محصلة كل من الإجهاد ، والزمن ، ودرجة الحرارة ، والجو المحيط .

تطرق المؤلفون في هذا الفشل أيضاً إلى تحديد نوع الكسر ، وأنواع الانهيارات ، والخطوات المتبعة في دراسة أسباب الفشل وتحليل الناتج وتتمثل في أربع خطوات هي الملاحظات الأولية ، وتجميع المعلومات والبيانات عن ظروف العمل ، والفحص والاختبار المعملي ، ثم تحديد نوع الإنهيار وأسبابه .

ناقش المؤلفون تأثير الأشعة المؤينة على المواد الفلزية حيث بدأوا بتقسيم الأشعة إلى مجموعتين هماالأشعة الإلكترومغناطيسية (الموجات الإشعاعية، والضوء ، والأشعة السينية ، وأشعة جاما)، والإشعاعات (الإلكترونات سريعة الحركة ، والبروتونات ، ونواة الهيليوم، والنيوترونات) ، وأوضح المؤلفون أن أشعة جاما والنيوترونات تعد أهم الاشعاعات تأثيراً ، إلا أنه في الظروف العادية يعد تأثير الضوء - خاصة الأشعة فوق